

## СОВРЕМЕННЫЕ КЛЕЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ФИКСАЦИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

К одной из современных тенденций машиностроения относится внедрение новых материалов в технологический процесс изготовления и ремонта машин. Внедрение новых клеевых технологий позволяет экономить как на отдельных производственных операциях, так и на всей производственной цепочке, не снижая качество готового изделия. Использование современных материалов эффективно не только с экономической точки зрения, но и с практической, гарантируя в определенных ситуациях больший срок эксплуатации.

*Ключевые слова:* анаэробный клей, подвижные соединения, элементы крепления.

### MODERN ADHESIVE TECHNOLOGIES IN FIXING SURFACES OF CYLINDRICAL FORM

Engineering refers to new materials in the manufacturing process and the repair of machines. The introduction of new adhesive technologies saves both individual production operations and the entire production chain, and not the quality of the finished product. The use of modern materials not only from an economic point of view, but also from a practical point of view.

*Keywords:* anaerobic adhesive, movable joints, fasteners.

Одной из главных особенностей современно-го машиностроительного предприятия является использование новых материалов, улучшающих как процесс изготовления машин, так и технические характеристики готового изделия. Замена привычных способов соединения деталей на их склеивание становится обычной практикой инженера-конструктора.

Для обозначения клеев, используемых в соединениях деталей цилиндрической формы, путем помещения одной детали в другую, фирма Loctite [1] применила термин «сборочные компаунды». Американская ассоциация по стандартизации приступила к работам по стандартизации методов прессовой посадки в 1920 году. В 1955 году Ассоциацией был издан стандарт «Рекомендуемые допуски и посадки для деталей цилиндрической формы».

В 1963 году Loctite начала выпуск сборочных компаундов. Использование старых корпусов путем замены в них изношенных подшипников на новые, благодаря применению сборочных компаундов, оказалось очень выгодно для потребителей электродвигателей, поскольку появилась возможность использовать старые корпуса, а не утилизировать их. Эти клеи представляют собой анаэробные компаунды и, следовательно, пригодны для металлических деталей, подвер-

гающихся разнообразным нагрузкам и влиянию окружающей среды [2].

Узлы, используемые для передачи вращающих, осевых или радиальных нагрузок от вала к ступице (или наоборот), подразделяются на четыре категории:

1. Жесткое механическое соединение (например, шлицевое).
2. Соединение трением (например, прессовая посадка).
3. Сварка или пайка.
4. Клеевое соединение.

Категории 3 и 4 иногда объединяются в одну и упоминаются как соединение по контактируемым поверхностям.

Большинство клеев Loctite — реактивные полимеры. Они переходят из жидкого состояния в твердое посредством различных полимеризационных реакций:

- анаэробная реакция;
- анионная реакция (цианоакрилаты);
- активация (модифицированные акрилы);
- влажностное отверждение (силиконы, уретаны);
- тепловое отверждение.

Анаэробные клеи — это клеи, отверждаемые по анаэробной реакции. Это реакция, происходя-

щая при комнатной температуре на металлической поверхности при условии отсутствия контакта с кислородом. Клей находится в жидком состоянии до тех пор, пока выполняется условие контакта с воздухом.

Существуют два различных типа склеивания цилиндрических деталей:

- склеивание деталей с зазором — полимеризованный в зазоре клей передает все нагрузки;
- склеивание деталей с натягом, как с нагревом, так и без него (нагрузка передается как через полимеризованный клей, так и трением между деталями, благодаря натягу) [3].

В обоих случаях применяется жидкий клей, который полностью покрывает контактируемые поверхности соединения и, полимеризуясь до состояния жесткой пластмассы, склеивает обе поверхности.

Преимущества склеивания деталей цилиндрической формы:

- применяются в качестве дополнения или полной замены механических типов соединения;
- устраняют возникновение фреттинг-коррозии;
- устраняют люфт в шпонках и шлицах;
- снижают необходимость в дополнительных фиксирующих элементах;
- уменьшают размеры соединения;
- снижают требование к допускам;
- возможен демонтаж склеенных деталей путем нагрева с целью ослабления прочности клея;
- возможно использование разнородных материалов для соединения;
- достигается равномерное распределение давления по всей площади склеивания и уменьшение внутреннего напряжения в деталях;
- снижается стоимость механической обработки;
- возможность самоцентрирования подшипников и втулок;
- возможность соединения как твердых, так и мягких поверхностей без их деформации;
- получение полностью герметичного соединения, что предотвращает возникновение коррозии в зазоре.

Склеивание позволяет упростить конструкцию, производство и процесс сборки деталей. Например, при монтаже подшипников, клей в пределах допустимых ограничений, компенсирует отсутствие точного центрирования деталей. Валы и подшипники, смонтированные без нагрузок и нарушения центрирования, имеют более длительный срок эксплуатации и могут многократно

использоваться после их демонтажа и очистки. Клеевые соединения, в отличие от прессовых посадок, дают возможность использовать тонкостенные конструкции сопрягаемых деталей.

Для оптимизации конструкции клеевой сборки очень важно учитывать нагрузки, действующие на соединение. В большинстве случаев имеют место комбинированное воздействие осевой, крутящей, радиальной и изгибающей нагрузок.

Конструкция клеевого соединения должна быть выполнена таким образом, чтобы расслаивающая и отрывающая нагрузка на клеевой шов были минимальны, а его прочность на сжатие и на сдвиг оставались максимальными в течение всего срока эксплуатации. Относительно небольшие изменения в конструкции деталей могут позволить добиться огромного увеличения предельной прочности.

Условие работы соединения по контактируемым поверхностям с учетом их фиксации на клей:

$$T_{\text{клея}} \geq T_{\text{быс}}.$$

Найдем крутящий момент на быстроходном валу редуктора:

$$T_{\text{быс}} = \frac{T_{\text{тих}}}{U_{\text{ред}}} \eta_{\text{быс}} = \frac{400}{25} \cdot 0,96 = 154 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Площадь контакта хвостовика с муфтой определяем из расчетной схемы на рис. 1, 2:

$$S_{\text{конт}} = L2\pi r = 80 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 20 = 10\,048 \text{ мм}^2$$

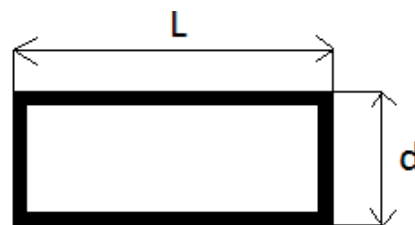


Рис. 1. Размеры быстроходного вала

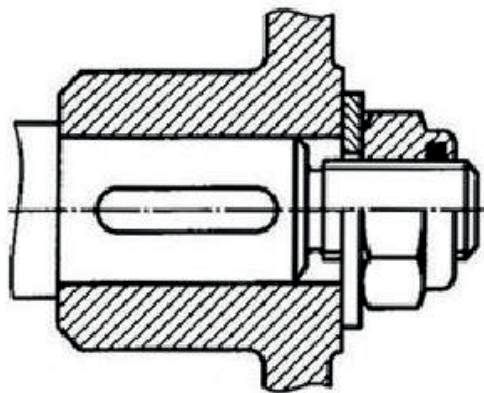


Рис. 2. Крепеж к хвостовику

Определим касательную силу.

$$F_{\text{касат}} = \gamma S_{\text{конт}} = 29 \cdot 10\,048 = 291\,392 \text{ Н},$$

где  $\gamma$  — удельная прочность на сдвиг, ISO 10123 (стальные вал и втулка 29 Н/мм<sup>2</sup>, вал и втулка из нержавеющей стали 28 Н/мм<sup>2</sup>, алюминиевые вал и втулка 17 Н/мм<sup>2</sup>).

Максимальный крутящий момент на фиксации поверхностей можно определить по формуле:

$$F_{\text{касат}} r = 291\,392 \cdot 0,02 = 5\,828 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Проверка условия работоспособности соединения

$$T_{\text{клея}} \geq T_{\text{быс}}.$$

$$5828 \geq 154.$$

Превышение крутящего момента, передаваемым клеевым соединением, более чем в 30 раз говорит о надежности соединения и способности выдерживать циклические и динамические нагрузки.

На практике напряжения по всей длине соединения распределяются неравномерно. Они будут концентрироваться на краю соединяемой поверхности, следовательно, увеличение длины соединения не ведет к пропорциональному его усилению. Для равномерного распределения напряжений применяются специальные конфигурации, где вы-

полняются соответствующие требования по снижению пиковых напряжений.

Клеи имеют несомненное преимущество перед стандартными методами сборки цилиндрических деталей, позволяя передавать высокие нагрузки и избегать образования фреттинговой коррозии.

Применение шлицев, шпонок и т. п. влечет за собой наличие люфта и склонность деталей к коррозионному износу и разрушением от динамических нагрузок, возникающих при износе деталей [4]. Клеи, используемые для монтажа вышеперечисленных деталей, способны заполнять все имеющиеся пустоты в соединении, а затем, полимеризовавшись, устранять перемещения деталей относительно друг друга, повышая при этом способность узла выдерживать длительные нагрузки.

Применение адгезивов для сборки и ремонта деталей машин цилиндрической формы обеспечивают достаточно высокую статическую и динамическую прочность, возможность сочетать крепление с герметизацией и соединять разнородные материалы. Последнее обстоятельство становится все более актуальным в связи с наметившейся тенденцией широкого применения пластиков и алюминиевых сплавов для изготовления корпусных и ответственных деталей в различных отраслях машиностроения.

#### Список литературы

1. Henkel : [офиц. сайт]. — URL: <https://www.henkel.ru/> (дата обращения: 10.10.2019).
2. Перечень ремонтных материалов Loctite®. — URL: <http://www.loctite.ru> (дата обращения: 01.10.2018).
3. Loctite : [справочник]. — URL: <http://nevaservise.ru/images/stories/loctite.pdf#5/> (дата обращения: 10.10.2019).
4. Пучин Е. А. Технология ремонта машин / Е. А. Пучин, В. С. Новиков, Н. А. Очковский и др. ; под ред. Е. А. Пучина. — Москва : КолосС, 2007. — 488 с. — ISBN 978-5-9532-0456-9.